



**AMHRA** MOIO/JMMC

(ANALYSE ET MODÉLISATION EN HRA)

[HTTPS://AMHRA.OCA.EU/AMHRA/INDEX.HTM](https://amhra.oca.eu/amhra/index.htm)

**Responsable :**

**Armando DOMICIANO DE SOUZA (OCA-Lagrange)**

AG JMMC 2022 – 19 et 20 janvier 2023



**JMMC**

# Membres, contributeurs, collaborateurs

## **Membres, contributeurs, collaborateurs (liste non exhaustive) :**

**G.Verbiese, C.Ordenovic**, A.Meilland, F.Millour, A.Chiavassa, M.Benisty, A.Matter (OCA-Lagrange)

**L.Bourgès, G.Mella**, J.-P.Berger, A.Soulain, G.Duvert (OSUG/IPAG)

F.Martins, A.Palacios (LUPM)

A.C.Carciofi, D.Moser Faes (IAG, Brésil)

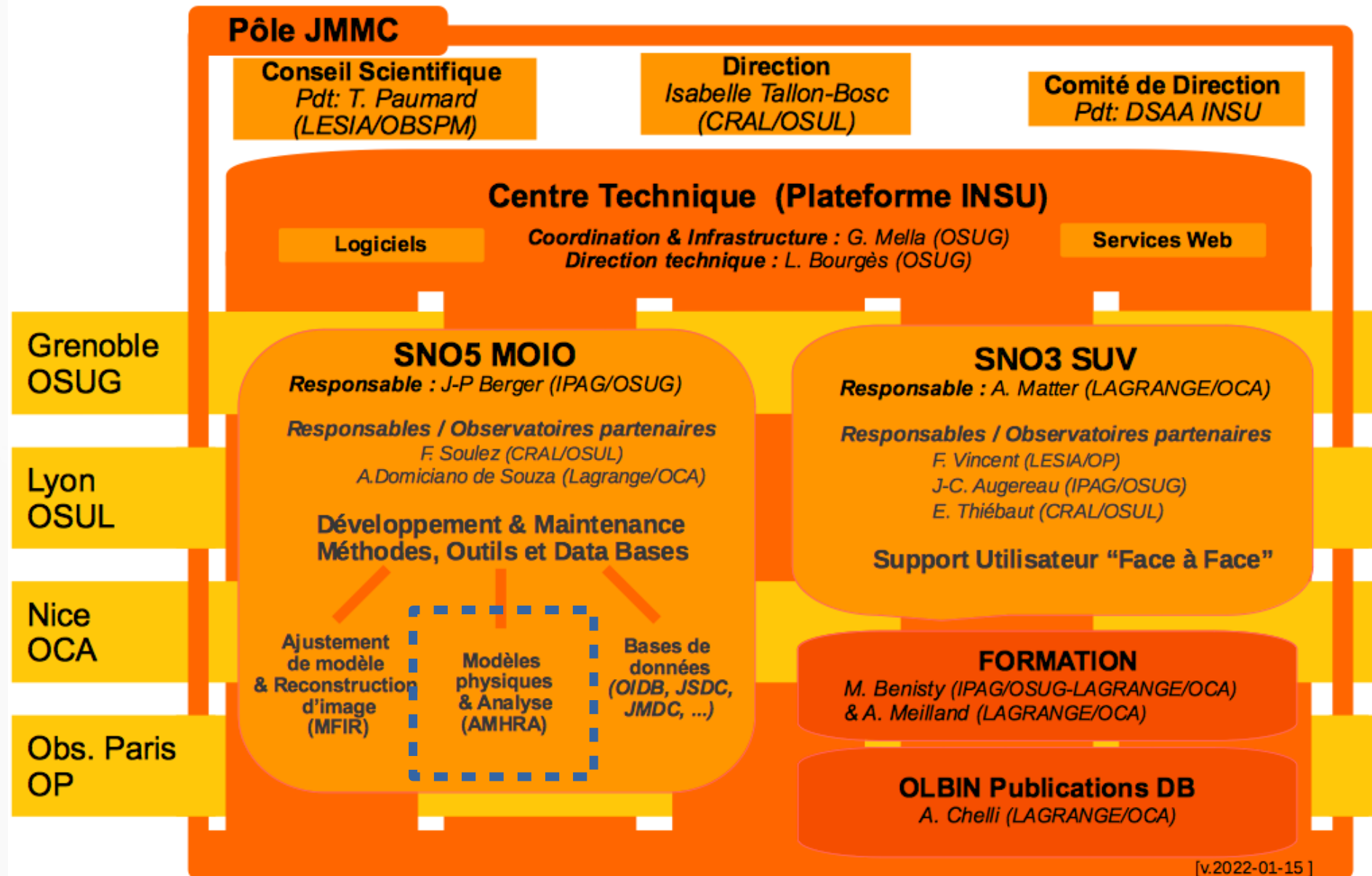
E.Saldanha de Almeida (Chili)

E.Kokoulina (Belgique)

## **Anciens ingénieurs :**

**N.Bruot, T.Broussegoute** (OCA-Lagrange)

# AMHRA dans MOIO



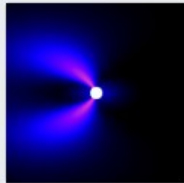
# Arrivée de Guillaume Verbièse (CDD OCA)

## Arrivé le 03/10/2022 en CDD à l'OCA (remplacement N.Bruot)

- Répartition du temps par semaine :
  - 2 jours projets en collaboration avec OCA => jusqu'au 31/01/2023 pour le projet AMHRA
  - 2 jours pour projets autres => Géoazur (GNSS EPOS)
  - 1 jour veille informatique, autoformation, support projet dans notre scope
- Principal travail réalisé dans AMHRA : mise en place de l'interface web du modèle sYSOm
- Après le 31/01/2023 reste disponible pour effectuer du support, gestion des urgences, corrections de bugs, améliorations sur AMHRA.
- Pour des missions plus longues clairement définies (release / features) il faudra discuter avec l'OCA pour évaluer les disponibilités.

# Modèles physiques et analyse

## Real time astrophysical models



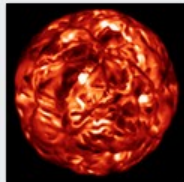
### Kinematic Be disk

Model of the geometry (size and shape) and kinematics (rotation and expansion) of circumstellar, flat, rotating disks, relevant to Be stars. It is suited to interpret spectro-interferometric data obtained on emission lines formed in the disk.



### Disk and stellar continuum – DISCO

Model of the continuum emission from a star surrounded by a gaseous circumstellar disk (free-free and bound-free), with partially ionized and geometrically thin disk with a physical structure given by the viscous Keplerian accretion disk model. DISCO is well suited to model Be stars.



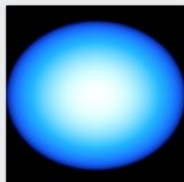
### Evolved stars (RSG, AGB)

Stellar surface maps of evolved stars (RSG and AGB) computed from a 3d hydrodynamical simulation with CO5BOLD-OPTIM3D. The available model corresponds to a star similar to the famous RSG Betelgeuse.



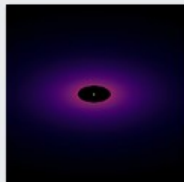
### Binary spiral model

Phenomenological model mimicking the shock caused by the collision between the winds from massive stars (e.g. WR and OB stars) and that results in dusty spirals.



### Analytical Limb-darkening Elliptical or Spherical – ALDES

ALDES provides intensity maps (images) or 1d intensity profiles for spherical or elliptical stars showing the limb darkening (LD) effect. Different LD laws are offered: uniform disk, linear, power law, quadratic, square root, logarithmic and four-parameter.



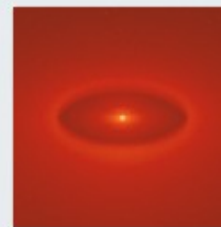
### Simple YSO model – sYSOm (In development)

Model of the continuum emission from a young stellar object (YSO) composed by a central star, modeled as a blackbody, and a dusty circumstellar disk. The disk is assumed to be geometrically flat with radial-dependent temperature and surface density prescribed by power laws.

## Service web AMHRA

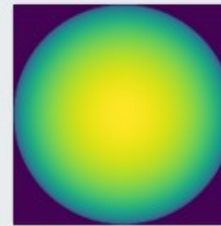
<https://amhra.oca.eu/AMHRA/index.htm>

## Precalculated grids of astrophysical models



### Supergiant B[e] with HDUST

Grid of models for B[e] supergiant stars computed with the 3d Monte Carlo radiative transfer code HDUST. The non-spherical circumstellar envelope (CSE), composed of gas (hydrogen) and dust (silicate), is modelled considering a bimodal outflow description (two-component wind).



### Limb-darkening with SATlas

Grid of models providing intensity maps for spherically symmetric stars, showing the limb darkening effect. The models were computed with the SATlas model stellar atmospheres for several spectral bands. Data is provided for FGK dwarfs and red giants.

## Analysis and model fitting tools



### OIFits modeler

This tool compares real interferometric observations to observables (squared visibilities, closure phases...) calculated by ASPRO routines from a user-provided image (intensity map). Images from AMHRA models or other user-provided images can be used.

# Images (cartes d'intensité) de modèles physiques

## Formulaires web avec paramètres physiques

**Geometrical and numerical parameters**

Inclination angle:  ✓ deg

Image width:  ✓ px

Distance to star:  ✓ pc

**Spectral coverage**

Start wavelength:  ✓  $\mu\text{m}$

Wavelength step:  ✓  $\mu\text{m}$

Number of wavelengths:  ✓

Please wait...



**Cubes d'images  
(x,y, lambda) au  
format fits,  
compatibles avec  
ASPRO2/JMMC**

### Disk and stellar continuum – DISCO result

**Status**  
Your request terminated with the following status: Success

**Logs**  
The calculation returned the following log:

**Main log:**

```
input parameter file name : input_params_disco_amhra.txt
output fits name : :output_Disco_1606926754872.fits
Starting DISCO...
disco.py is being imported into another module
Starting fits_tools...
fits_tools.py is being imported into another module
Fits file: /srv/amhra/results/output_Disco_1606926754872.fits
```

# Images (cartes d'intensité) de modèles physiques

## Formulaires web avec paramètres physiques

Geometrical and numerical parameters

Inclination angle: 60.0 ✓ deg

Image width: 256 ✓ px

Distance to star: 50.0 ✓ pc

Spectral coverage

Start wavelength: 1.0 ✓  $\mu\text{m}$

Wavelength step: 1.5 ✓  $\mu\text{m}$

Number of wavelengths: 5 ✓

Please wait...

Send data Reset



**Cubes d'images (x,y, lambda) au format fits, compatibles avec ASPRO2/JMMC**

### Disk and stellar continuum – DISCO result

Status

Your request terminated with the following status: **Success**

Download result **Send to VO software**

Logs

The calculation returned the following log:

Main log:

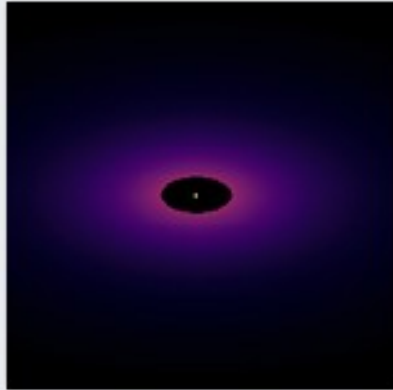
```
input parameter file name : input_params_disco_am  
output fits name : :output_Disco_1606926754872.fits  
Starting DISCO...  
disco.py is being imported into another module  
Starting fits_tools...  
fits_tools.py is being imported into another module  
Fits file: /srv/amhra/results/output_Disco_1606926754872.fits
```

Start new simulation Back to main menu

**Envoie direct (SAMP OV) des images AMHRA sur ASPRO2 + upgrade fits header Kinematic Be Model**

(N.Bruot, L.Bourgès, A.Meilland, J.-P.Berger, G.Duvert, G.Mella, A.Domiciano de Souza)

# Nouveau modèle : sYSOm (simple YSO model)



## Simple YSO model – sYSOm (In development)

Model of the continuum emission from a young stellar object (YSO) composed by a central star, modeled as a blackbody, and a dusty circumstellar disk. The disk is assumed to be geometrically flat with radial-dependent temperature and surface density prescribed by power laws.

**Basé sur un modèle initialement développé par A.Matter et E.Kokoulina dans l'espace de Fourier directement (pas d'images créées) :**

- \* First MATISSE L-band observations of HD 179218. Is the inner 10 au region rich in carbon dust particles?  
E. Kokoulina, A. Matter, B. Lopez, et al. A&A 652, 61 (2021)
- \* Evidence of a discontinuous disk structure around the Herbig Ae star HD 139614  
A. Matter; L. Labadie, A. Kreplin, et al. A&A 561, 26 (2014)

**Personnes impliquées dans le choix de ce modèle d'étoile jeune pour AMHRA :**

A.Domiciano de Souza, A.Matter, A.Meilland, J.P.Berger, M. Benisty, L.Bourgès, G.Mella

**Personnes ayant directement contribué au développement de sYSOm :**

A.Domiciano de Souza (conception et développement du code Python, conception du formulaire web, validation du code et du formulaire web)

A.Matter et E.Kokoulina (informations sur le modèle, fichiers d'opacité, validation)

G.Verbiese (mise en place du formulaire web)



# Contribution de G.Verbiese de oct/22 à jan/23

## Développement formulaire sYSOm

- Git flow => nouvelle release version 1.8.0
- Page Input
  - Création des champs, description, info-bulles
  - Définition des limites de chaque champ
  - Ajout de messages d'erreur à la saisie, si valeur saisie hors limite
  - Ajout d'une vérification des valeurs saisie à la soumission du formulaire
  - Ajout des champs FOV et End Wavelength=> valeurs calculées à la saisie utilisateur
  - Ajout bouton Set pour remplir les champs avec valeur par défaut
  - Ajout d'un bouton Upload pour ajouter un fichier type de valeur (lien vers le formalisme du fichier attendu)
- Page Results
  - Logs d'exécution du script ou d'erreur
  - Download du résultat en .fits ou .zip en fonction des options sélectionnées dans le formulaire d'input (possibilité de télécharger le fichier d'input correspondant)
  - Envoi du fichier .fits via SAMP
- Serveur
  - Génération de l'environnement python nécessaire
  - Dépôt des scripts python et écriture du script StartSysom
  - Définition des droits

# Structure physique du disque dans sYSOm

Disque de poussière entre géométriquement fin (presque plat), entre un rayon interne et un rayon externe.

Les structures du disque en température et en densité de surface sont données par des lois de puissances.

**Température**

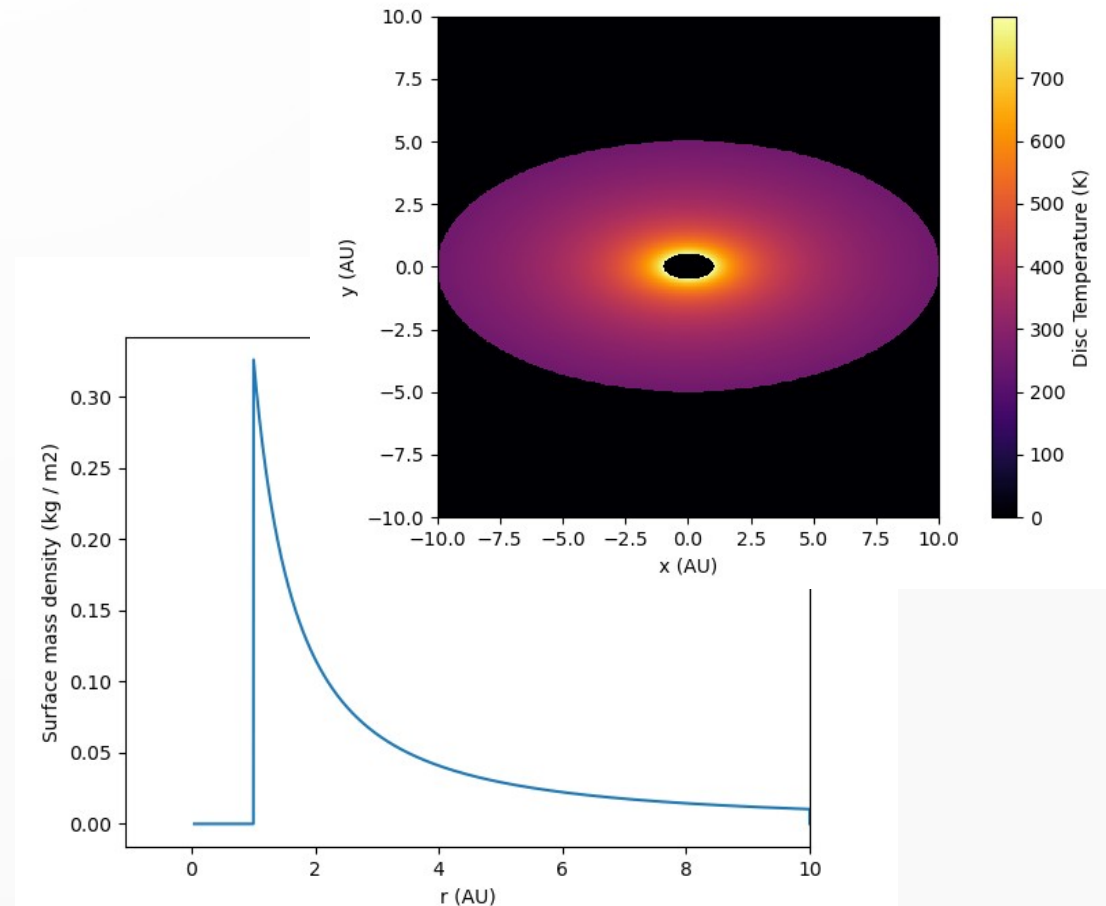
$$T(r) = T_{\text{in}} \left( \frac{r}{R_{\text{in}}} \right)^{p_T}$$

**Densité de surface**

$$\Sigma(r) = \Sigma_{\text{in}} \left( \frac{r}{R_{\text{in}}} \right)^{p_\Sigma}$$

**Masse disque  
poussière**

$$M_{\text{dust}} = \int_{r_{\text{in}}}^{r_{\text{out}}} 2\pi r \Sigma_r dr$$



# Intensité émise par le disque dans sYSOm

En accord avec l'hypothèse d'un disque géométriquement fin (presque plat), chaque point du disque présente une émission de corps noir à une température  $T(r)$ , atténuée par un facteur d'émissivité lié à l'opacité de la poussière.

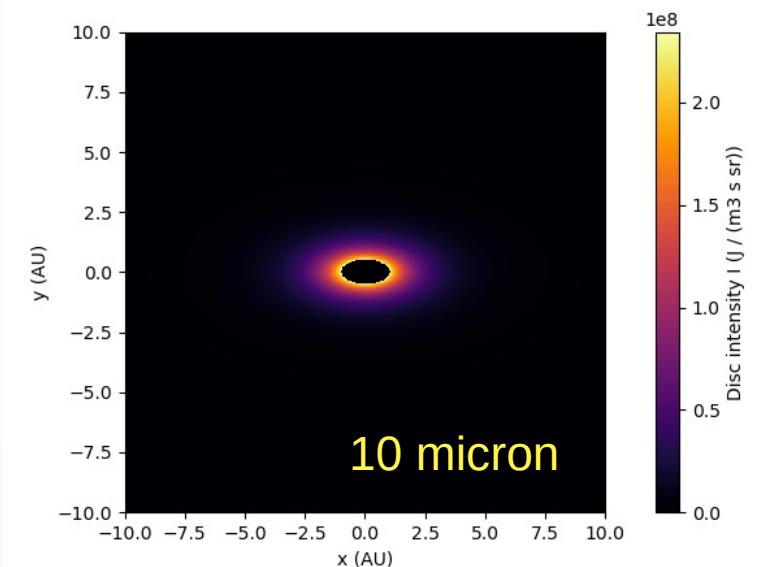
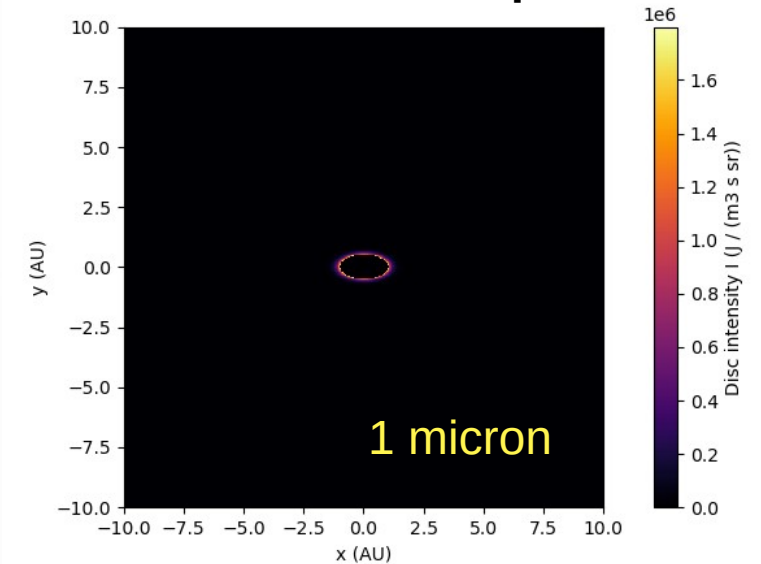
**Intensité du disque émise en fonction du rayon  $r$ , pour une inclinaison  $i$**

$$I_{\lambda}(r) = B_{\lambda}(T(r))(1 - e^{-\tau_{\lambda}(r)/\cos i})$$

**Profondeur optique dans la direction vertical du disque à un rayon  $r$**

$$\tau_{\lambda}(r) = \kappa_{\lambda}\Sigma(r)$$

**Intensité du disque**



# Profondeur optique et kappa pour la poussière

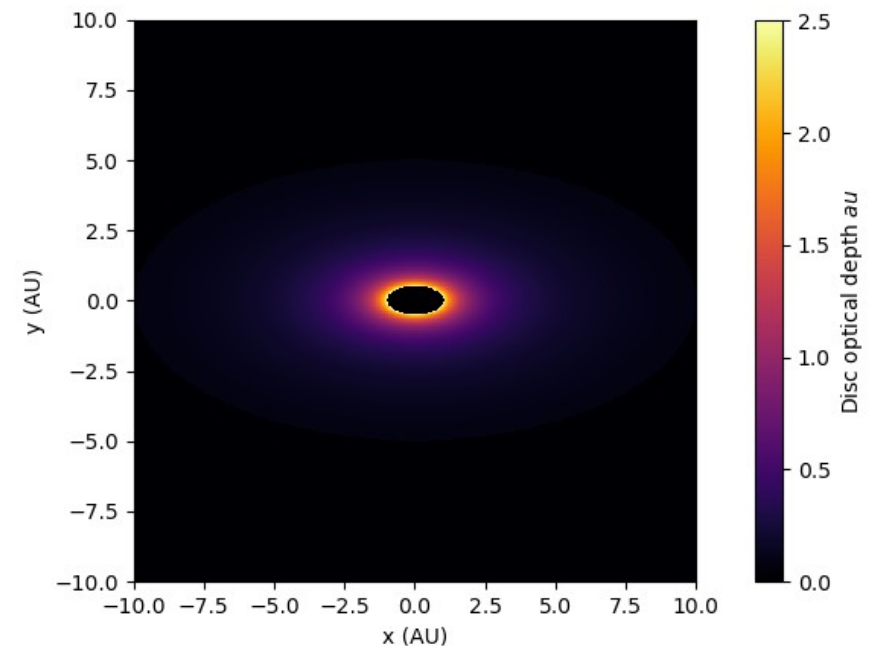
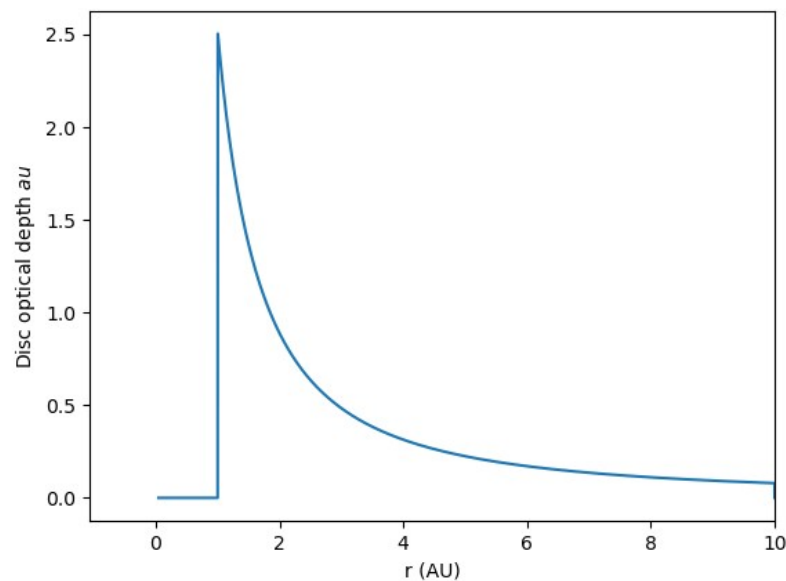
Le section efficace d'absorption (kappa's) sont pré-calculés à partir de l'approximation de Mie (grains ~ sphères pleines) en unités de  $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$  :

- un mélange de 80% d'olivine ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) et 20% de graphite. La distribution de taille des grains d'olivine va de 5 $\mu\text{m}$  à 20 $\mu\text{m}$  et celle des grains de graphite va de 0.05 à 0.2  $\mu\text{m}$  (fichier kappa\_amorph\_mix\_5\_20.inp).

- une composition d'olivine pure avec une distribution de taille de grains allant de 0.1 $\mu\text{m}$  à 3mm (fichier kappa\_am\_olivine\_0.1\_3000.inp).

**Profondeur  
optique  
à 1 micron  
(olivine)**

$$\tau_\lambda(r) = \kappa_\lambda \Sigma(r)$$



# Code sYSOm en Python 3

**Code numérique entièrement conçu et développé par A.Domiciano de Souza en 2022**

```
#Create instance of sysom (simple yso disc)
yso = syd(working_dir=sysom_dir_str)

#Initialize disc with basic parameters: distance, inclination, Rin, and Rout
yso.set_disc_params(dist_input=(ip['distance'],'pc'), incl_input=(ip['inclination'],'deg'),
                    Rin_input=(ip['Rin'],'au'), Rout_input=(ip['Rout'],'au'))

#Define several useful 2d (xy) quantities required to compute images for the given number of pixels
yso.set_coord_2d(ip['Npix'])

#Set wavelengths of the model
yso.set_wavelength(wlen_min=wlen_min, wlen_max=wlen_max, Nwlen=ip['Nwlen'], wlen_unit='micron')

#Define opacity kappa for dust
yso.prepa_dust_opacity_kappa(dust_kappa_format=ip['dust_kappa_format'])

#Set the disc temperature map
yso.set_disc_temperature(**T_disc_params)

#Set the density map (including surface density Sigma)
dens_disc_params['Sigmain'] = ip['density_param'] # kg/m**2

#Set the optical depth (tau=dust_kappa*Sigma_2d)
yso.set_disc_tau()

#Get intensity map
yso.set_disc_Imap()

#Add central star
yso.set_central_star(Rstar_input=(ip['Rstar'],'Rsun'), Tstar=ip['Tstar'])

#Compute total flux (SED)
yso.set_Flux()
```

# Code sYSOm en Python 3

**Code numérique entièrement conçu et développé par A.Domiciano de Souza en 2022**

```
#Create instance of sysom (simple yso disc)
yso = syd(working_dir=sysom_dir_str)

#Initialize disc with basic parameters: distance, inclination, Rin, and Rout
yso.set_disc_params(dist_input=(ip['distance'],'pc'), incl_input=(ip['inclination'],'deg'),
                    Rin_input=(ip['Rin'],'au'), Rout_input=(ip['Rout'],'au'))

#Define several useful 2d (xy) quantities required to compute images for the given number of pixels
yso.set_coord_2d(ip['Npix'])

#Set wavelengths of the model
yso.set_wavelength(wlen_min=wlen_min, wlen_max=wlen_max, Nwlen=ip['Nwlen'], wlen_unit='micron')

#Define opacity kappa for dust
yso.prepa_dust_opacity_kappa(dust_kappa_format=ip['dust_kappa_format'])

#Set the disc temperature map
yso.set_disc_temperature(**T_disc_params)

#Set the density map (including surface density Sigma)
dens_disc_params['Sigmain'] = ip['density_param'] # kg/m**2

#Set the optical depth (tau=dust_kappa*Sigma_2d)
yso.set_disc_tau()

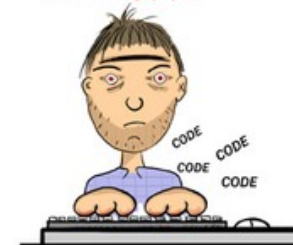
#Get intensity map
yso.set_disc_Imap()

#Add central star
yso.set_central_star(Rstar_input=(ip['Rstar'],'Rsun'), Tstar=ip['Tstar'])

#Compute total flux (SED)
yso.set_Flux()
```

**Coder, ce n'est ni facile, ni rapide**

BUG N° 34 411



• 3500 BUGS  
REXTANTS  
dont  
• 2900 BUGS  
CRITIQUES



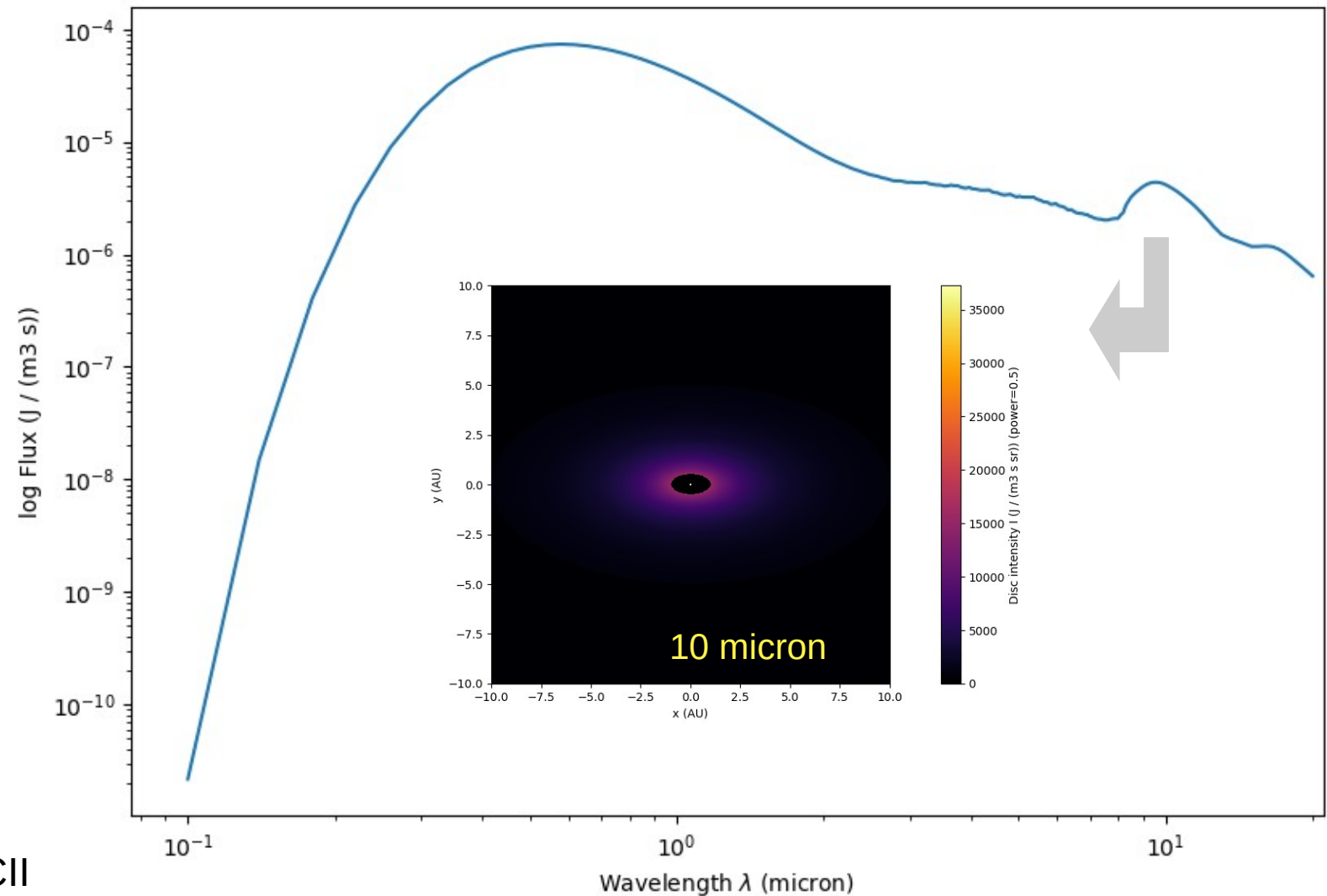
# Images et flux (SED) sYSOm

## Images et flux (SED)

disque de poussière  
+  
étoile centrale  
(blackbody : R et  $T_{\text{eff}}$ )

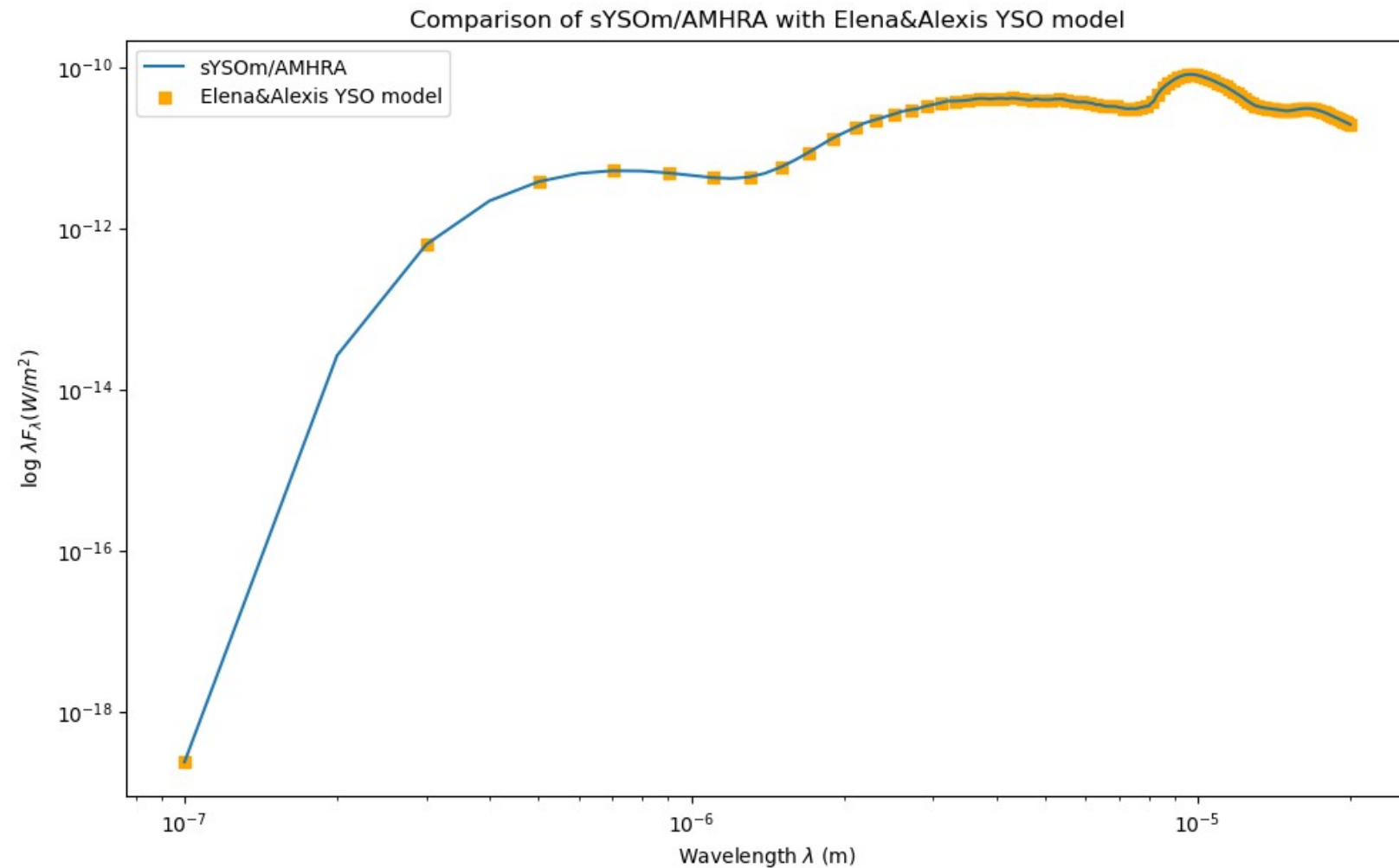
Délivrés  
aux  
utilisateurs

Image en fits, SED en pdf et ASCII



# Validation de sYSOm

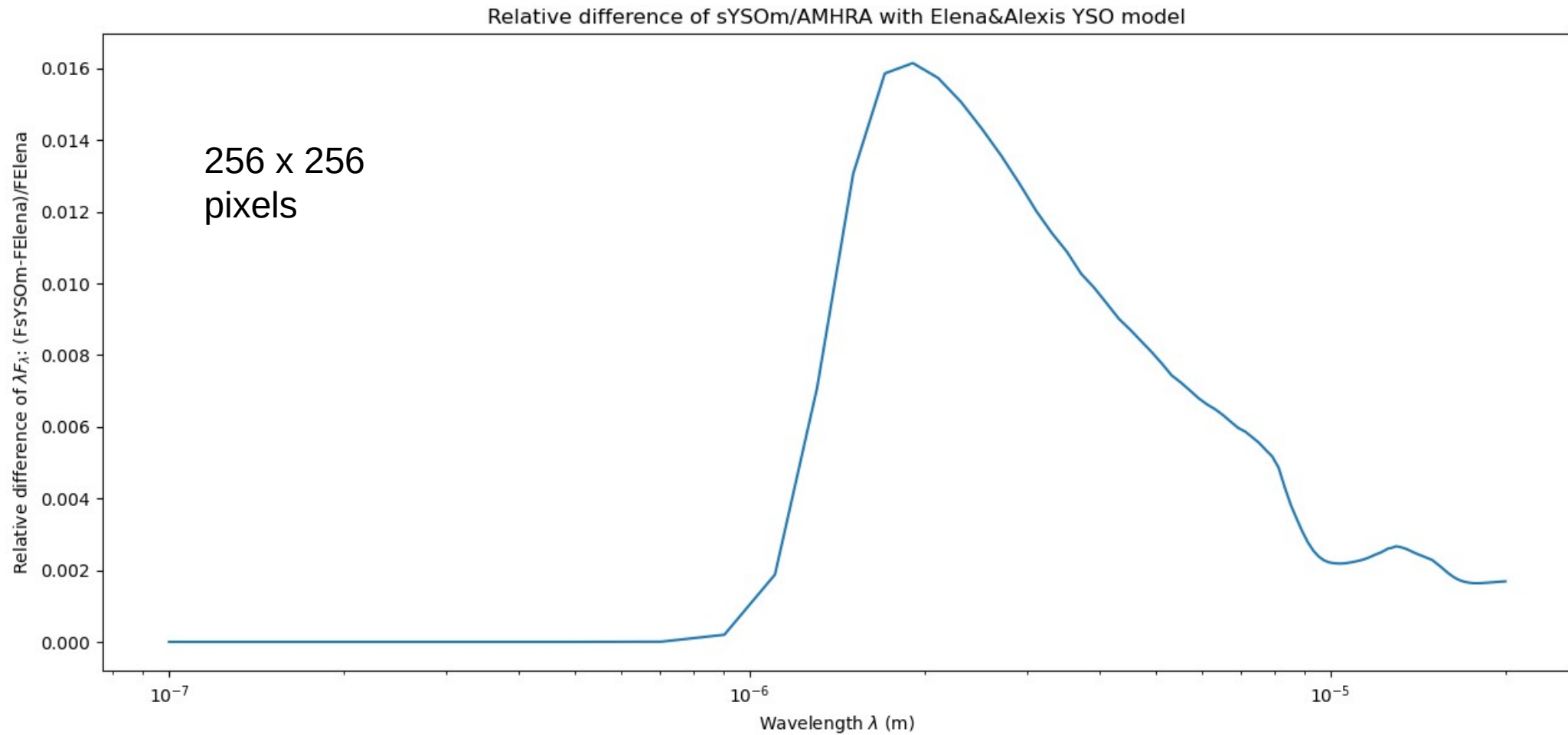
Comparaison des flux (SED) calculé avec sYSOm et avec modèle de Alexis et Elena





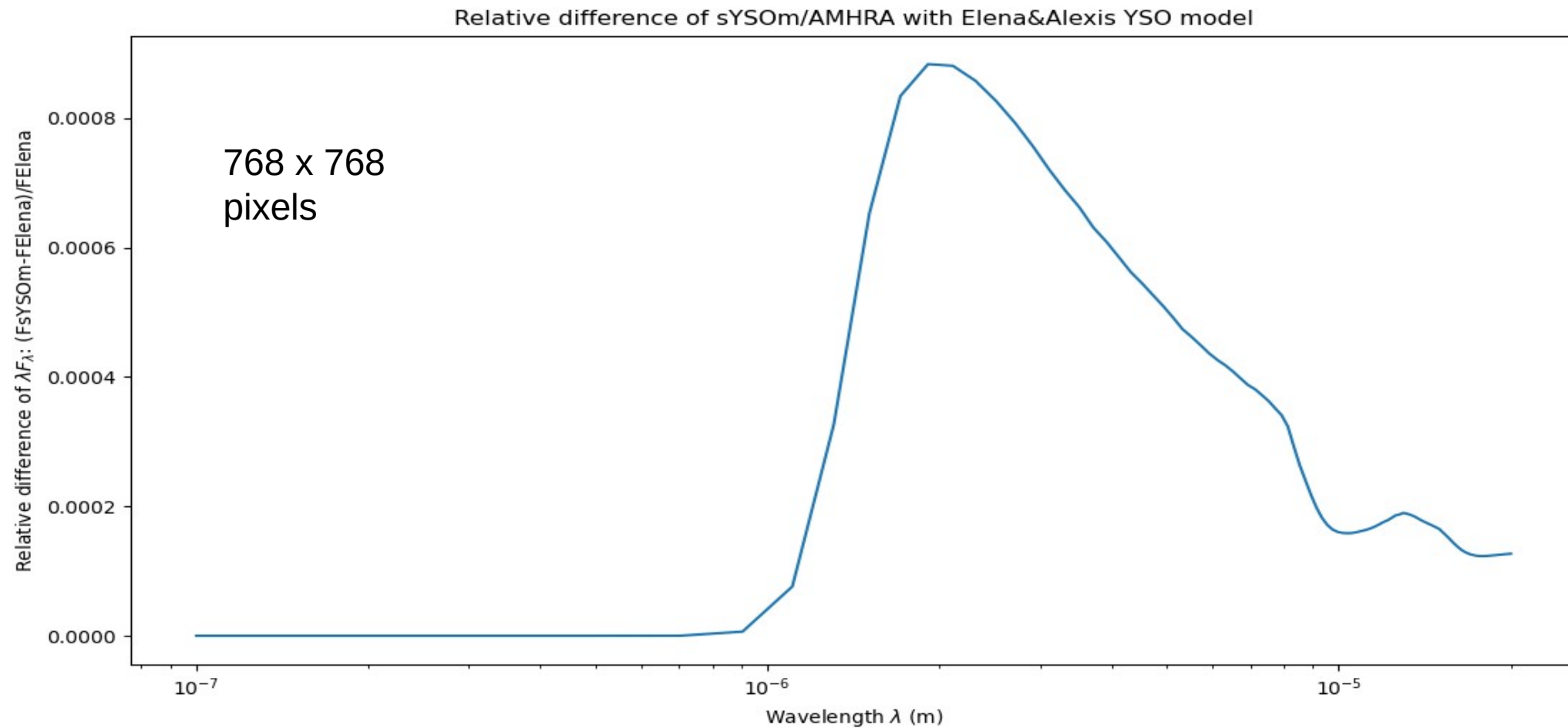
# Validation de sYSOm

Comparaison des flux (SED) calculé avec sYSOm et avec modèle de Alexis et Elena



# Validation de sYSOm

Comparaison des flux (SED) calculé avec sYSOm et avec modèle de Alexis et Elena



# Validation de sYSOm

Comparaison des flux (SED) calculé avec sYSOm et avec modèle de Alexis et Elena

**L'étape essentielle de validation** de sYSOm a été réalisée en **collaboration avec Alexis et Elena**. Nous avons pris le temps qu'il fallait pour la faire même si les collaborateurs n'étaient pas disponibles immédiatement.

C'est un exemple typique d'un cas où nous avons des **collaborateurs externes (souvent bénévoles)** et qu'il faut savoir s'adapter à leurs disponibilités.

# Formulaire web sYSOm

**Pré-remplir formulaire  
avec paramètres par  
défaut (celui utilisé dans  
la validation de sYSOm)**

## Simple YSO model – sYSOm

**Description**

Model of the continuum emission from a young stellar object (YSO) composed by a central star, modeled as a blackbody, and a dusty circumstellar disk. The disk is assumed to be geometrically flat with radial-dependent temperature and surface density prescribed by power laws. The local intensity of the disk, seen at a given inclination, is then given by a blackbody emission at the local temperature weighted by a factor that depends on the local surface density and a chosen dust-opacity model. In addition to images at different wavelengths, sYSOm can also provide the total spectral flux (spectral energy distributions). sYSOm is well suited to model simple YSO objects in the near- and mid-infrared.

[Sample output file \(.fits\)](#)

**Documentation and acknowledgments** +

### Submit your request

To submit your parameters, you can either:

- Manually fill the fields below
- Pre-fill the fields with default values:
- Upload a parameters file [\[sample file\]](#):

# Formulaire web sYSOM

Info-bulle pour  
chaque paramètre  
(incluant équations)

Power-law coefficient  $p_T$  for the disc temperature law  
$$T(r) = T_{in} \left( \frac{r}{R_{in}} \right)^{p_T}$$
  
to set dust-disc density:  
, with  $r$  being the radial distance from the central symmetry axis of the disc (cylindrical coordinates).  $R_{in}$  is the dust-disc inner radius. Typically one should have  $p_T < 0$ .

## Circumstellar dust-disc parameters

?	Dust-disc inner radius:	<input type="text" value="1.0"/>	AU
?	Dust-disc outer radius:	<input type="text" value="10.0"/>	AU
?	Dust opacity model:	<input type="text" value="Kappa am olivine 0.1 3000"/>	▼
?	Temperature at disc basis (inner radius):	<input type="text" value="1000.0"/>	K
?	Power-law coefficient for disc temperature:	<input type="text" value="-0.5"/>	
		<input type="text" value="MASS"/>	▼
		<input type="text" value="-1.5"/>	
?	Mass of the dust disc	<input type="text" value="1.0E-7"/>	$M_{\odot}$

## Geometrical and numerical parameters

?	Inclination angle	<input type="text" value="60.0"/>	deg
?	Image width	<input type="text" value="256"/>	px
?	Distance to the star	<input type="text" value="100.0"/>	pc
?	Field of view:	<input type="text" value="200"/>	millarcsecond

**Nouveau :**  
FOV de l'image  
en mas



# Formulaire web sYSOm

## Central star parameters

Add central star:

## Spectral coverage

Start wavelength:  $\mu\text{m}$

Step wavelength:  $\mu\text{m}$

Number of wavelengths:

End wavelength:  $\mu\text{m}$

Compute flux (SED):

Get image (.fits) :

Send data

Reset

# Paramètres physiques du modèle dans le *header* du fits et dans les fichiers d'entrée

```
output_sYSOm_1673021616336_image.fits
File Edit Font
SIMPLE = T / conforms to FITS standard
BITPIX = -64 / array data type
NAXIS = 3 / number of array dimensions
NAXIS1 = 256
NAXIS2 = 256
NAXIS3 = 12
EXTEND = T
CDEL1 = 3.80246024399636E-09
CRPIX1 = 128.5
CRVAL1 = 0.0
CUNIT1 = 'RAD'
CDEL2 = 3.80246024399636E-09
CRPIX2 = 128.5
CRVAL2 = 0.0
CUNIT2 = 'RAD'
CDEL3 = 1E-06
CRPIX3 = 1
CRVAL3 = 1E-06
CUNIT3 = 'M'
STAR = 'Blackbody' / Model for central star
RSTAR = 2.0 / Central star radius (Rsun)
TSTAR = 5000.0 / Stellar effective temperature (K)
RDIN = 1.0 / Dust-disc inner radius (AU)
RDOU = 10.0 / Dust-disc outer radius (AU)
TDMOD = 'POWER_LAW' / Dust-disc temperature model
TDIN = 1000.0 / Temperature at dust-disc inner radius (K)
POWTD = -0.5 / Dust-disc temperature power-law coeff.
DENSDMOD = 'SURF_DENS_POWER_LAW' / Dust-disc density model
SIGMAIN = 0.3269894651196168 / Surf. dens. at dust-disc inner radius (kg/m2)
MASSD = 1E-07 / Mass of dust-disc (Msun)
POWSIGMA = -1.5 / Dust-disc surf. dens. power-law coeff.
DUSTKMOD = 'kappa_am_olivine_0.1_3000' / Dust opacity model
INCL = '60.' / Inclination angle (deg)
DISTANCE = 100.0 / Distance (pc)
ANGSIZE = '200.' / Image angular size (mas)
END
```

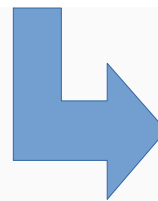
```
#Input parameters for sYSOm model
#*****
#Circumstellar dust-disc parameters
Rin = 1.00 # Disc inner radius (AU)
Rout = 10.00 # Disc outer radius (AU)
dust_kappa_format = kappa_am_olivine_0.1_3000 # Dust opacity (kappa) model
Tin = 1000.00 # Temperature at the basis of the dust-disc (K)
powT = -0.50 # Dust-disc temperature power-law coefficient (param q)
density_input_key = mass # Type of input key for density calculation (MASS or SIGMA_IN)
density_param = 1.00000e-07 # Density parameter: disc mass Msun
powdens = -1.50 # Dust-disc density power-law coefficient (param p)

#Geometrical and numerical parameters
inclination = 60.00 # Inclination angle of star+disc (deg)
Npix = 256 # Nb of image pixels in each direction (x and y)
distance = 100.00 # Distance to the star (pc)

#Central star parameters
add_central_star = True #Flag indicating if a central star is to be added to the model
Rstar = 2.00 # Stellar radius (Rsun)
Tstar = 5000.00 # Effective temperature of the central star

#Spectral coverage
wlen0 = 1.00 # Start wavelength (microns)
dwlen = 1.0000 # Wavelength step (microns)
Nwlen = 12 # Nb of wavelength points

compute_flux = True # Flag indicating if the flux (SED) will be computed
compute_fits = True # Get the image in fits format
```



• Upload a parameters file [sample file]:

Choose file...

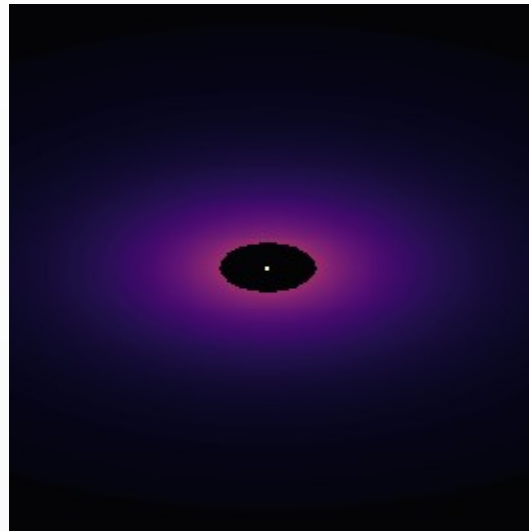
Browse

Upload

# Démo sYSOm + AMHRA⇒ASPRO2 par SAMP

Version sur le site de développement OCA pour tests en interne au JMMC depuis le 04/01/2023 :

<https://amhra-dev.oca.eu/AMHRA/sysom/input.htm>





# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

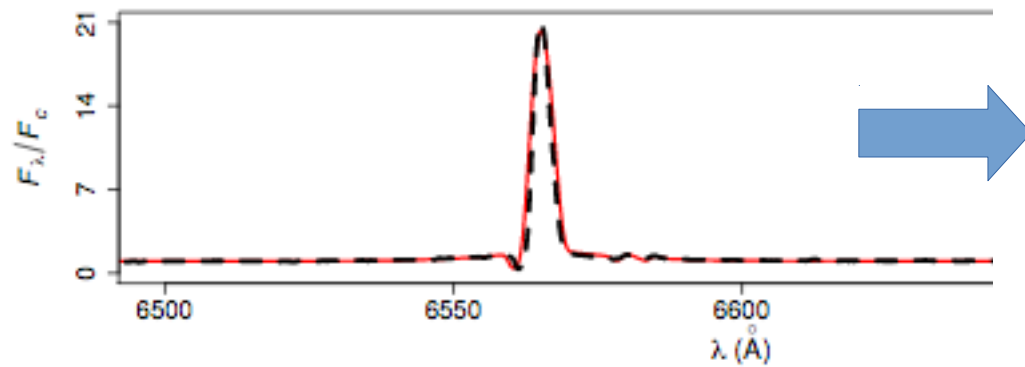
**Motivation pour développer ce nouveau modèle AMHRA :**  
pas de modèles d'étoiles massives avec vent dans AMHRA + expérience passée avec modèles CMFGEN

# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

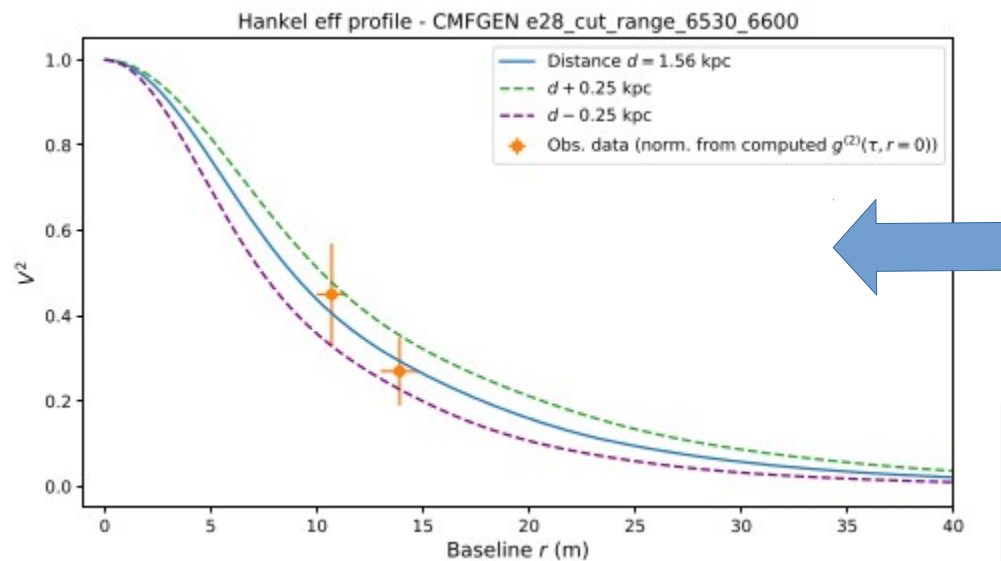
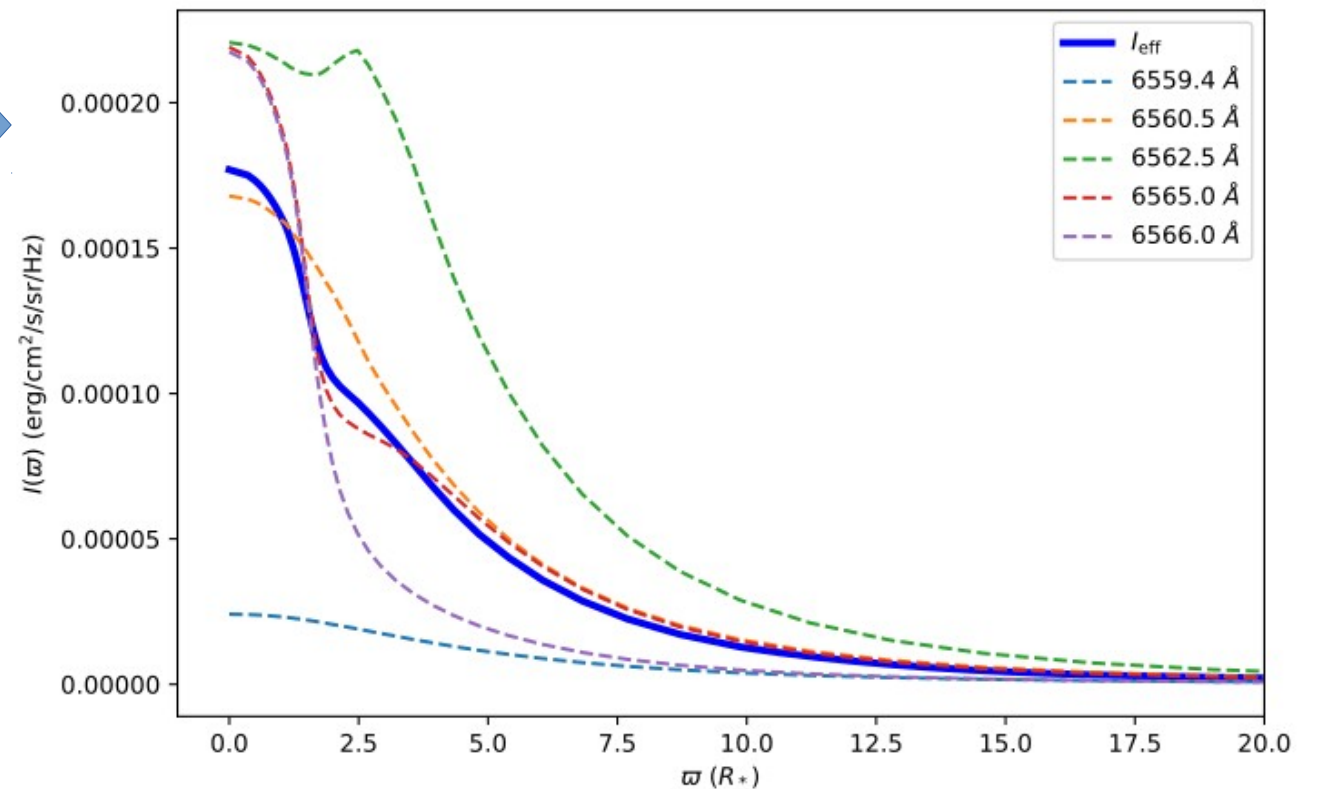
## Motivation pour développer ce nouveau modèle AMHRA :

pas de modèles d'étoiles massives avec vent dans AMHRA + expérience passée avec modèles CMFGEN

Spectre (flux) de P Cygni (LBV) observé (noir) et calculé CMFGEN



Profils 1D d'intensité spécifique polychromatique et profil moyen effectif dans la raie H $\alpha$

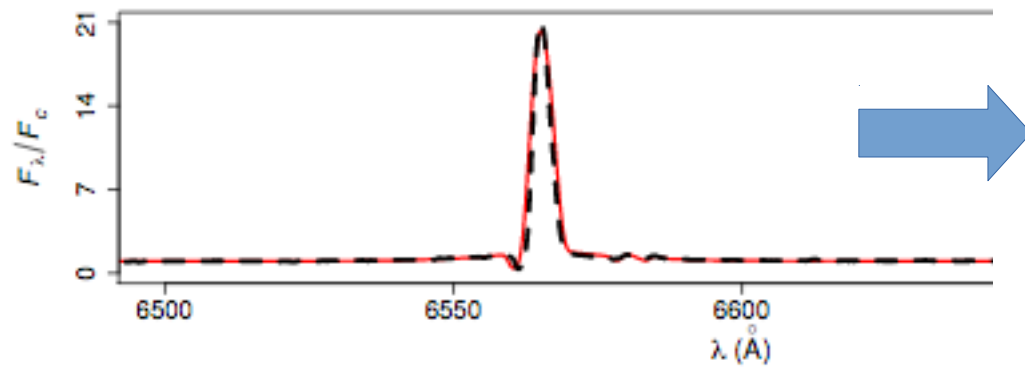


# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

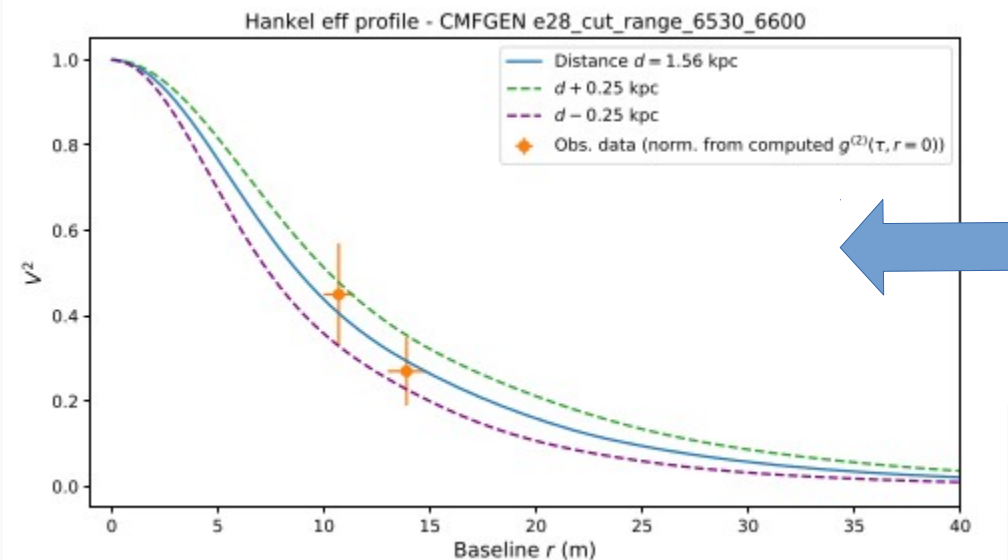
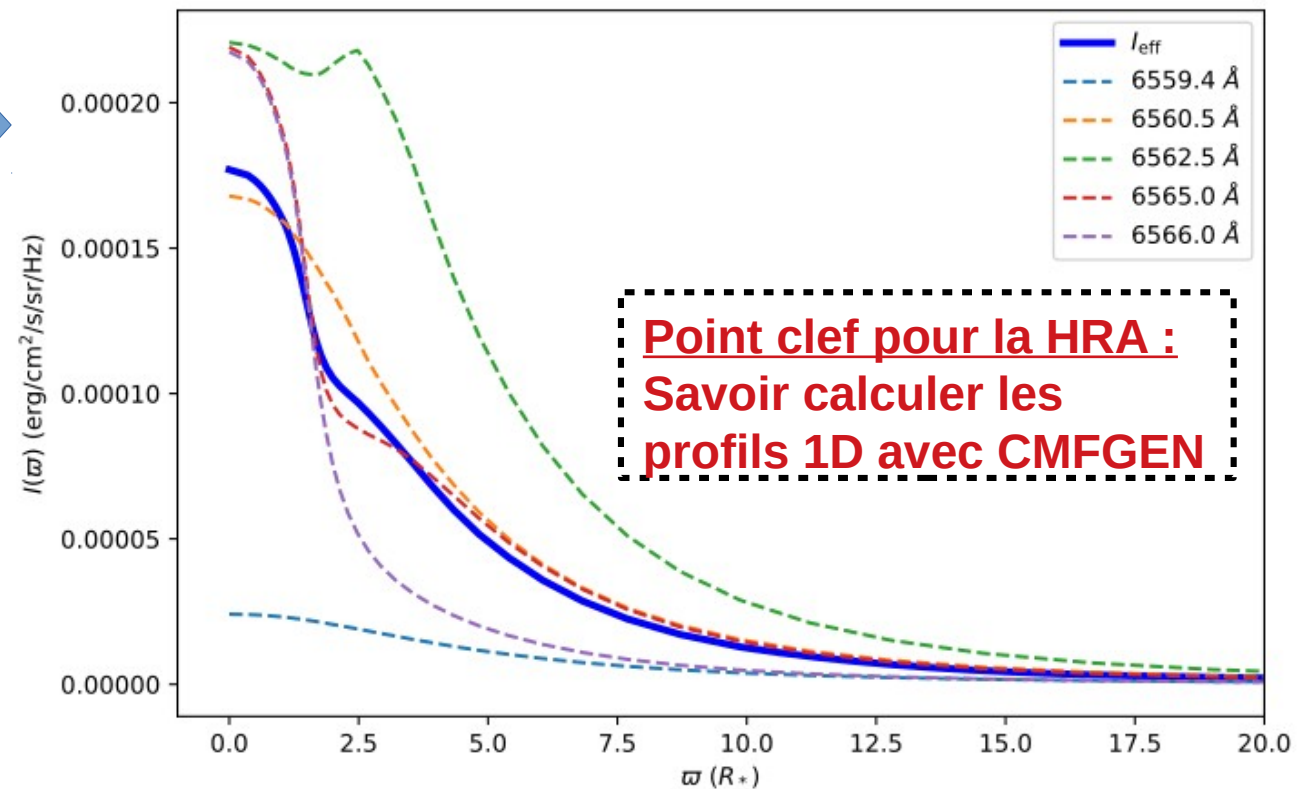
## Motivation pour développer ce nouveau modèle AMHRA :

pas de modèles d'étoiles massives avec vent dans AMHRA + expérience passée avec modèles CMFGEN

Spectre (flux) de P Cygni (LBV) observé (noir) et calculé CMFGEN



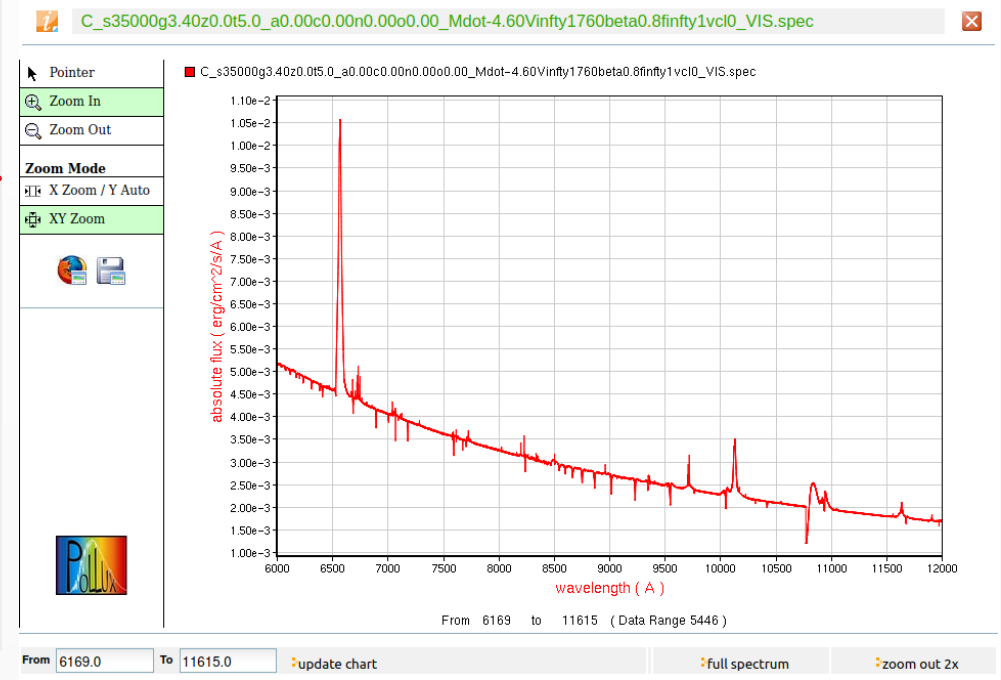
Profils 1D d'intensité spécifique polychromatique et profil moyen effectif dans la raie Halpha



# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

The screenshot shows the 'The Pollux Database' query form. The 'Spectral Domain' section has checkboxes for UV, VIS, and IR. The 'Spectrum Parameters' section includes fields for effective temperature (K), gravity log10 (cgs), mass (solar mass), luminosity (log10 of solar luminosity), microturbulent velocity (km/s), and metallicity ([Fe/H]). The 'Specific Abundances' section includes fields for alpha elements [alpha/Fe], Carbon [C/Fe], Oxygen [O/Fe], Nitrogen [N/Fe], r process elements [r elements/Fe], and s process elements [s elements/Fe]. A red dashed box highlights the 'Spectral Domain' and 'Spectrum Parameters' sections, with an arrow pointing to the text 'Grille avec ~300 spectres'.

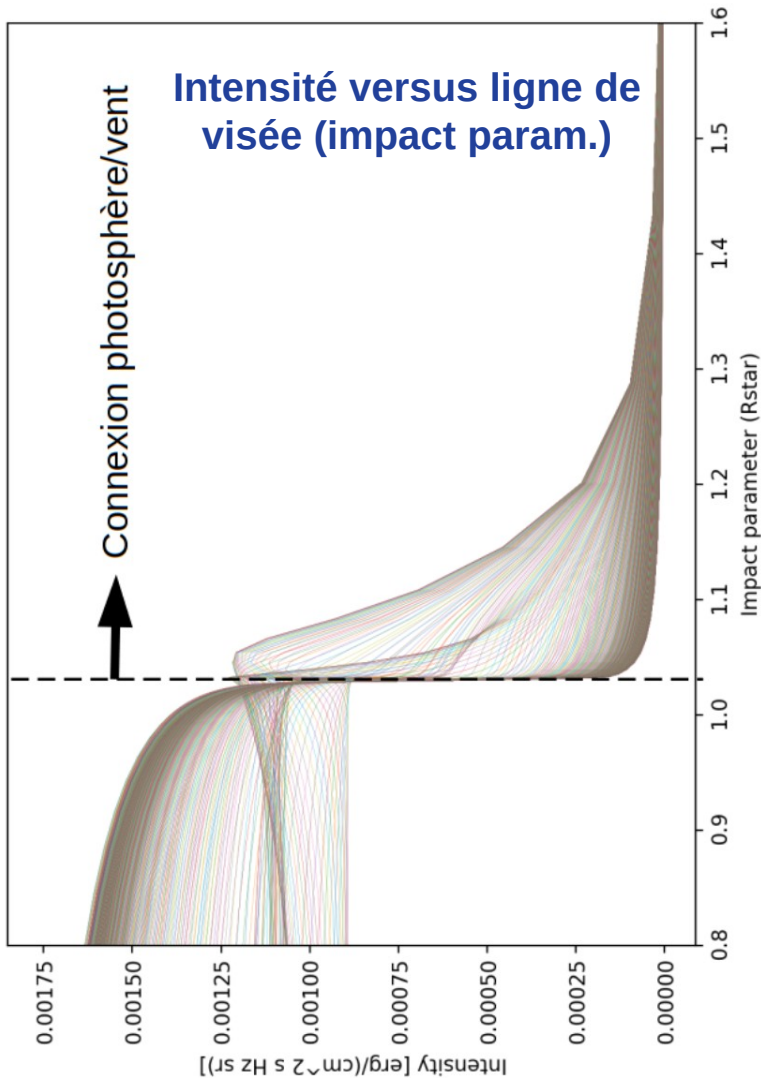
Il existe déjà une grille de spectres CMFGEN (F.Martins) dans la base Pollux (A.Palacios) que sera utilisée comme point de départ pour le calcul (E.Saldanha) des profils d'intensité 1D et images pour AMHRA.



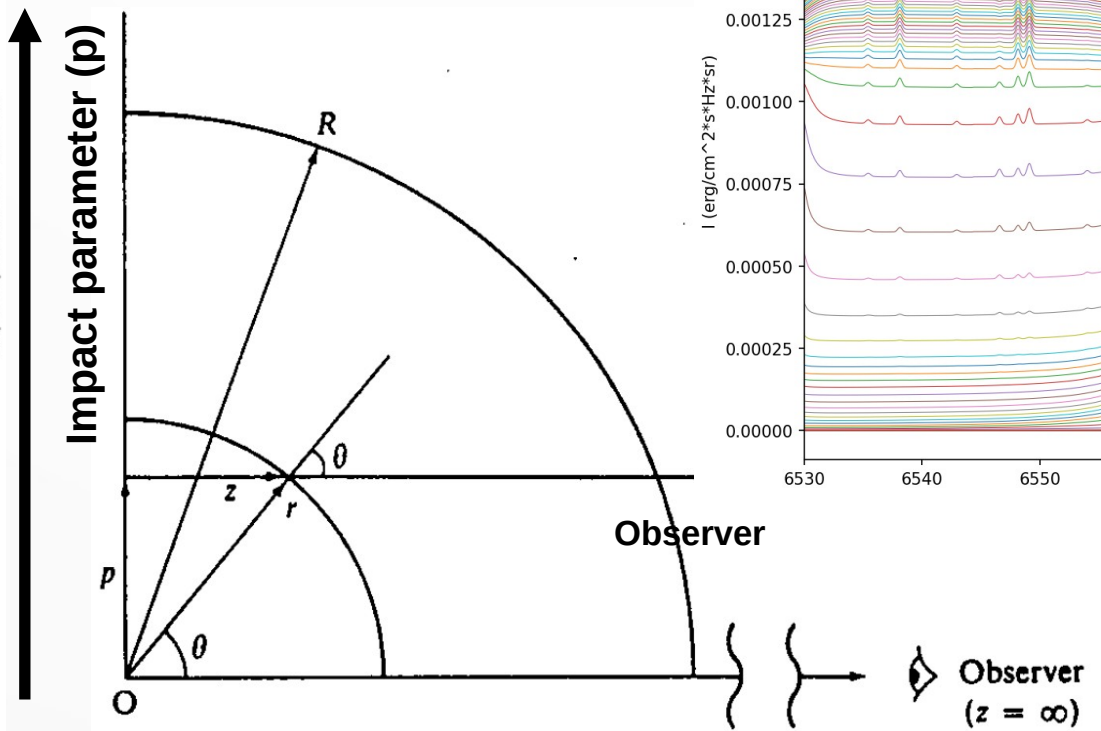


# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

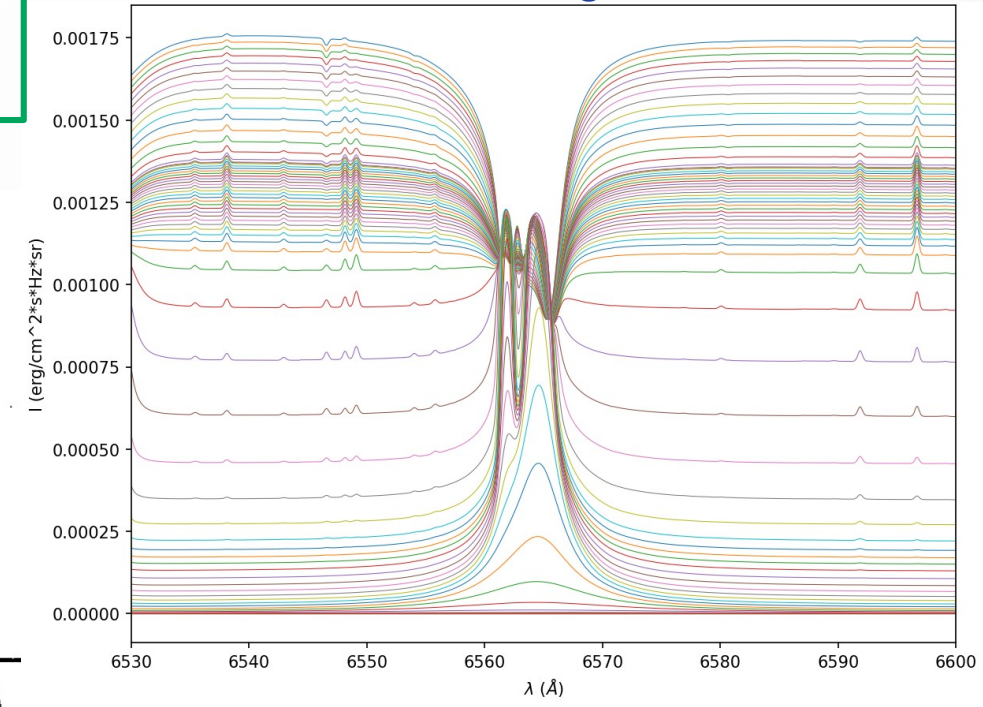
**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales)



Profils d'intensité (modèle CMFGEN avec  $T_{\text{eff}}=40048$  K)



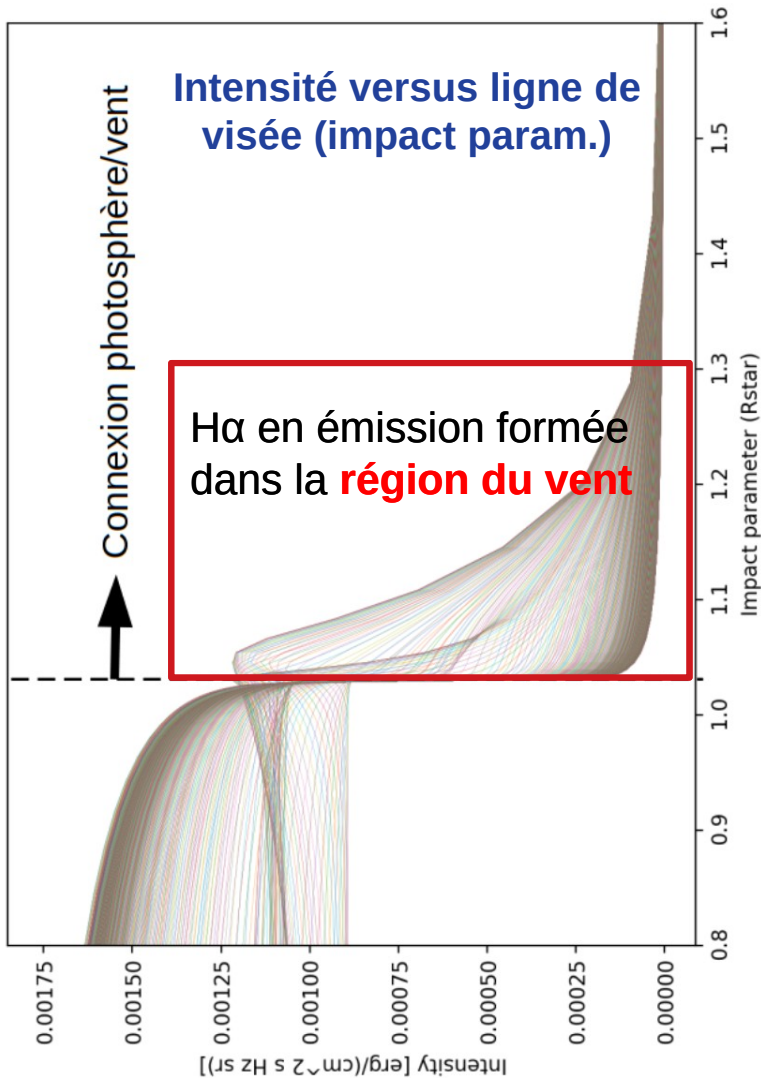
Intensité versus longueur d'onde



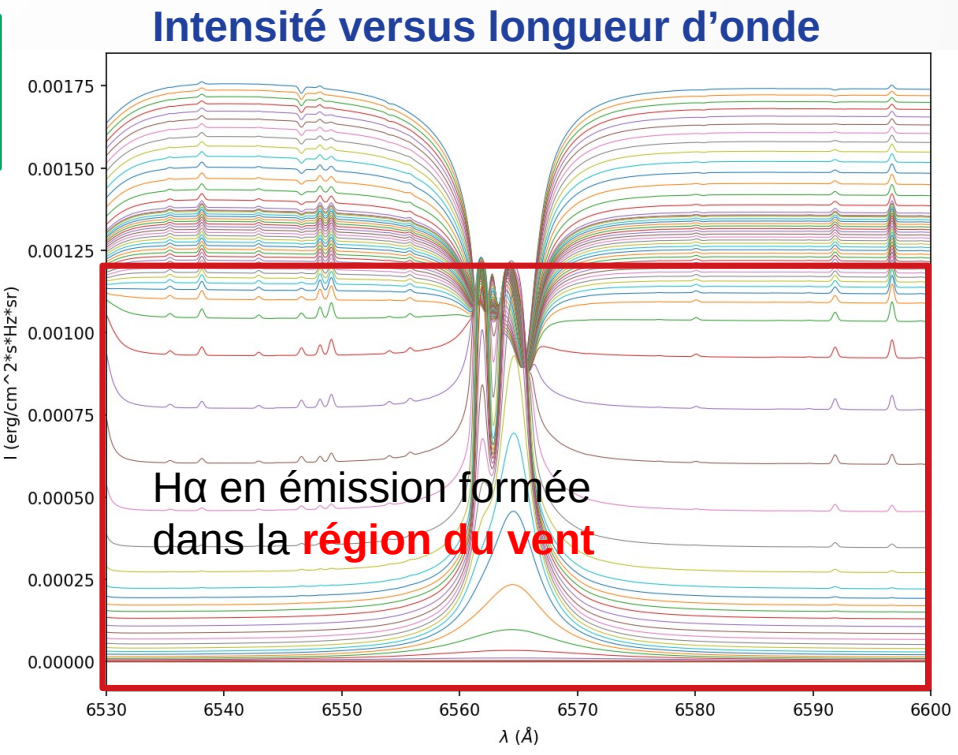
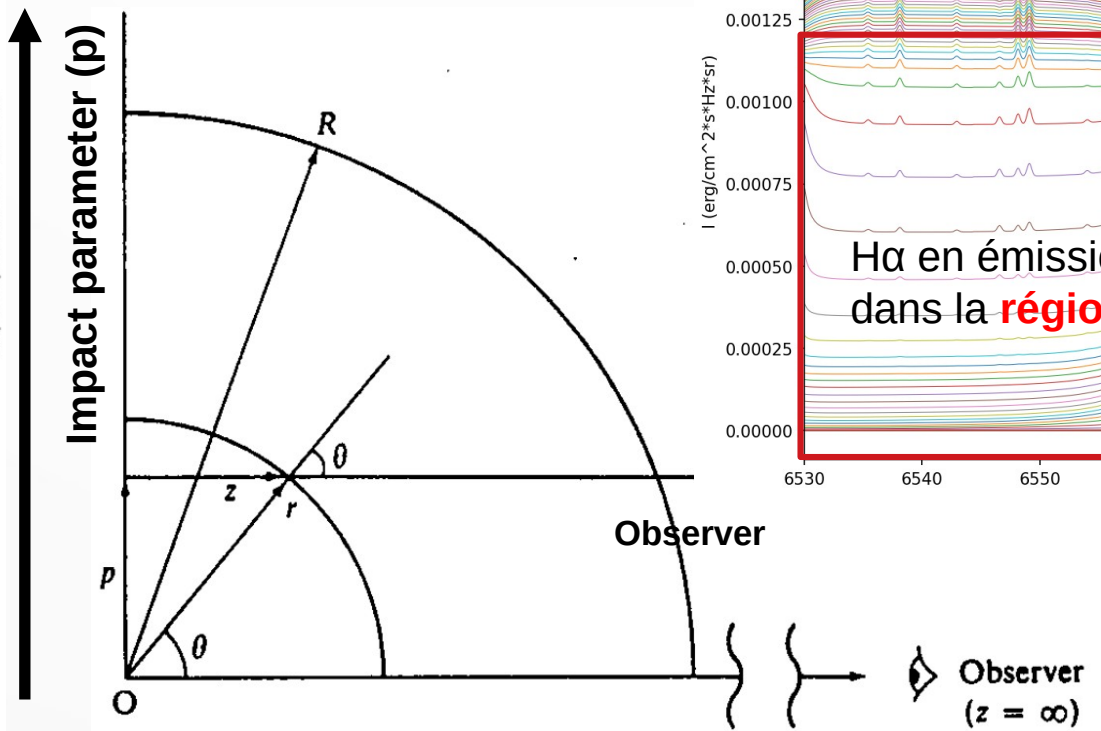
Calcul des profils d'intensité réalisé en collaboration avec E.Saldanha de Almeida

# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales)



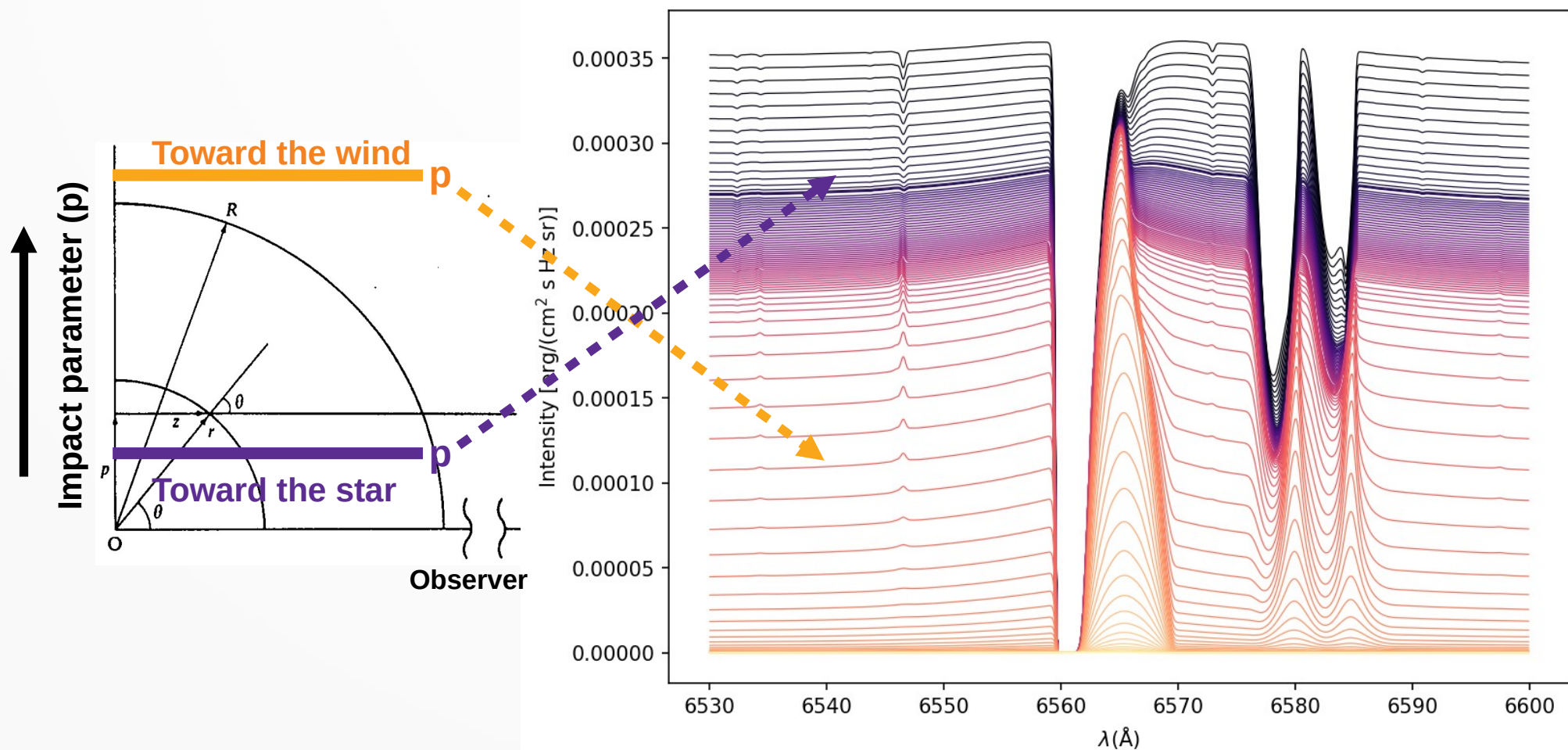
Profils d'intensité (modèle CMFGEN avec  $T_{\text{eff}}=40048$  K)



Calcul des profils d'intensité réalisé en collaboration avec E.Saldanha de Almeida

# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales)

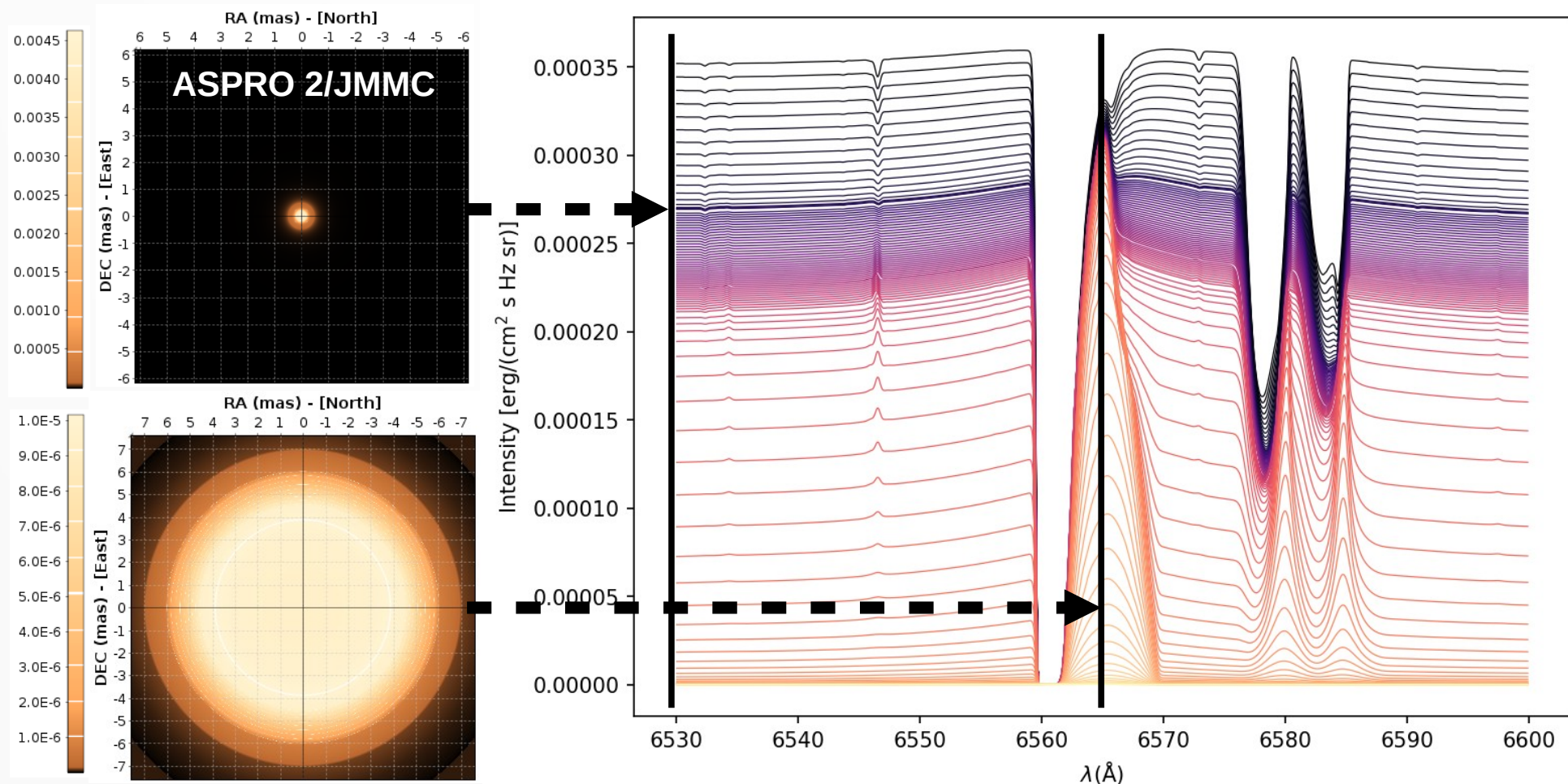


Calcul des profils d'intensité réalisé en  
collaboration avec E.Saldanha de Almeida



# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

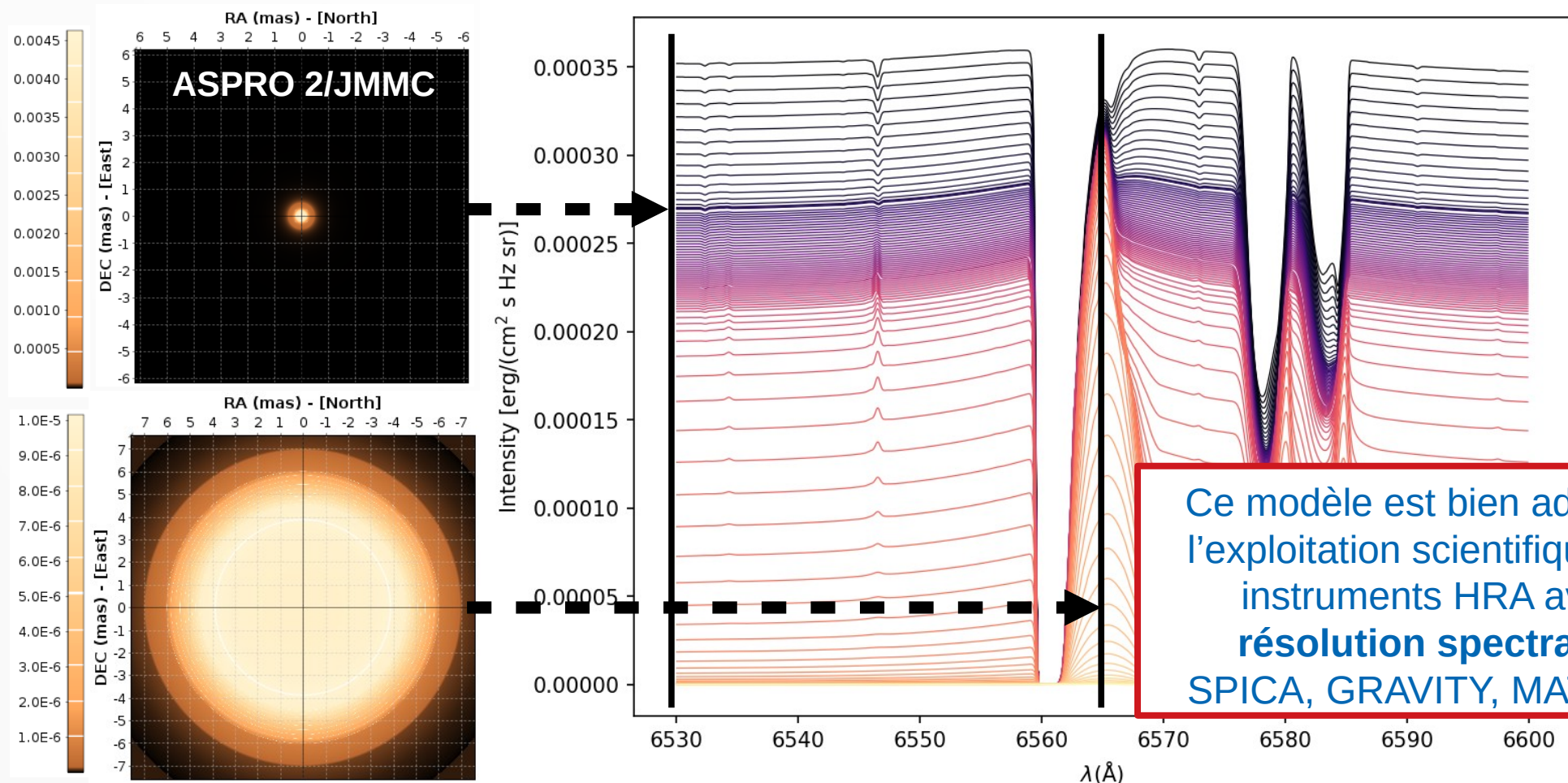
**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales)



Calcul des profils d'intensité réalisé en  
collaboration avec E.Saldanha de Almeida

# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales)



Calcul des profils d'intensité réalisé en  
collaboration avec E.Saldanha de Almeida

# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales)  
(collaboration avec F. Martins, A. Palacios et E. Saldanha de Almeida)

**Exemple typique de projet où il faut s'adapter aux disponibilités des collaborateurs externes (concerne ~50 % des modèles dans AMHRA).**

## **Ce qui a été fait en 2022 en mode background (tâche de fond) :**

- Calcul de profils d'intensité 1D autour de la raie H $\alpha$  pour 15 modèles de spectres de la base Pollux en utilisant les mêmes fichiers d'entrée de CMFGEN que F. Martins
- Validation de ces profils d'intensité à partir de la comparaison des spectres (flux)
  - Deux différences détectées : les testes ont montré une différence de niveau du continuum et un petit shift en longueur d'onde
  - Après divers tests et vérifications les différences ont été comprises et les problème résolu
  - **Conclusion : les spectres de test calculés par Fabrice et Elisson concordent entre eux et aussi avec ceux de la nouvelle version de la base Pollux**

# Grille de modèles d'étoiles massives OB avec vent calculée avec CMFGEN

**Proposition AMHRA/MOIO** : offrir des profils d'intensité 1D et des images pour les 300 modèles de la grille CMFGEN de F.Martins à divers longueurs d'ondes (domaines et résolutions spectrales) (collaboration avec F. Martins, A. Palacios et E. Saldanha de Almeida)

## **Prospective 2023 et + :**

### **Jalon envisagé pour la mi-2023 :**

Définir les paramètres spatiaux et spectraux pour la base de profils d'intensité (pas spatial, longueurs d'onde et résolutions spectrales).

Calculer les profils d'intensité 1D avec CMFGEN pour toute la grille de F.Martins (~1000 ou plus de profils 1D pour ~ 300 modèles CMFGEN).

### **Jalon envisagé pour septembre/octobre 2023 :**

Définir procédure pour créer les cubes d'images 2D à partir des profils 1D.

Tests de validation de la grille d'images et de profils 1D.

### **Jalon envisagé pour fin 2023 – début 2024 (avec ingénieur) :**

Conception et création de du formulaire web (écrire les textes d'aide, définir paramètres d'entrée avec leurs noms, unités et bornes).

Tests de validation de la page web.

# AMHRA : autres possibilités pour 2023 et +

**Autres propositions d'évolution pour discuter, valider, établir priorités, prévoir planning (certaines activités peuvent être développées en tâche de fond en 2023-2024) :**

## **1) Profils d'intensité 1D (polychromatiques ou pas) renforçant l'interopérabilité entre AMHRA et ASPRO :**

- AMHRA génère déjà des profils 1D pour certains modèles et il y en aura d'autres
- Créer un outil dans AMHRA pour générer des images fits 2D à partir des profils 1D
- Transformée de Hankel dans ASPRO en donnant comme input un profil 1D

## **2) Génération automatique de grilles de modèles et outils basés sur le Machine Learning (proposition de J.-P. Berger) :**

- Service de génération d'ensemble d'images d'entraînement pour *Machine Learning*
- Utilisation des résultats du *Machine Learning* sur les modèles AMHRA pour *model fitting*, reconstruction d'images : travail a long terme qui nécessite des étapes prospectives et a besoin d'experts de ce domaine (postdoc, chercheurs, ingénieurs)

# AMHRA : autres possibilités pour 2023 et +

**Autres propositions d'évolution pour discuter, valider, établir priorités, prévoir planning (certaines activités peuvent être développées en tâche de fond en 2023-2024) :**

## **3) Profils d'intensité 1D de modèles d'atmosphère MARCS (proposition de D.Mourard ; utile pour CHARA/SPICA):**

- Inclure la grille de modèles d'atmosphère MARCS utilisée dans projet SPICA+PLATO (à discuter également avec B.Plez et chercheurs dans PLATO)
- Possibilité d'avoir des profils pour toute combinaison de Teff et logg (dans domaine de la grille) grâce au *Machine Learning* (travail avec D.Mourard et N.Ebrahimkutty)

## **4) Améliorations et évolutions diverses**

- Inclure d'autres informations supplémentaires dans les formulaires d'autres modèles (champ de vue, informations de longueurs d'onde, etc)
- modèle sYSOm: inclure des gaps dans le disque (deux paramètres supplémentaires par gap)
- Création de tutoriels (cf. talk M.Benisty)
- Renforcer interopérabilité avec Oimaging (rotation et facteur d'échelle prédéfinis ou en tant que paramètres libres)

# AMHRA : autres possibilités pour 2023 et +

## 5) Vers un futur outil d'ajustement de modèles physiques adapté à AMHRA

Quelques pistes étudiées en 2022 pour comprendre les contours d'un tel outil

**Réunion organisé par A.Domiciano de Souza le 15/02/2022 (membres JMMC et externes) :**

Idéalement il serait intéressant d'avoir à terme un outil numérique modulaire qui :

- Accepte différents types de modèles (modularité) : analytique, images 2d, profils 1D
- Inclut polychromaticité, dépendance temporelle, effets instrumentaux et observationnels
- Permet d'utiliser différents moteurs d'ajustement

**Activités prospectives en 2022 réalisées par A. Domiciano de Souza & A. Meiland sur OIModeler:**

- Tests avec FFT 2D dans le cadre du model fitting
- Tests avec algorithme d'ajustement de modèles par méthode MCMC
- Tests avec transformée de Hankel (profils 1D), combinée ou pas avec images 2D
- Tests de parallélisation (nécessaire pour méthodes bayésiennes?)
- Développement de procédures pour évaluer les résultats (e.g. valeurs et incertitudes, convergence)

# AMHRA : autres possibilités pour 2023 et +

## 5) Vers un futur outil d'ajustement de modèles physiques adapté à AMHRA

**Questions à discuter : JMMC/MOIO veut-il offrir un outil d'ajustement adapté à des modèles physiques dans l'espace directe (images AMHRA, modèles analytiques et semi-analytiques et aussi au delà) ? Quid des techniques de Machine Learning ?**

**C'est un projet complexe et à long terme (plusieurs années) : Nécessité d'avoir d'autres personnes (ingénieurs et/ou chercheurs) dédiées à ce développement.**



# AMHRA : autres possibilités pour 2023 et +

## 5) Vers un futur outil d'ajustement de modèles physiques adapté à AMHRA

Questions à discuter : **JMMC/MOIO** veut-il offrir un outil d'ajustement adapté à des modèles physiques dans l'espace directe (images AMHRA, modèles analytiques et semi-analytiques et aussi au delà) ? Quid des techniques de Machine Learning ?

C'est un projet complexe et à long terme (plusieurs années) : **Nécessité avoir d'autres personnes (ingénieurs et/ou chercheurs) dédiées à ce développement.**

En se basant sur les discussions au sein du JMMC et sur le travail réalisé à Nice en 2022 (slide précédent) un possible point de départ serait **OIModeler (cf. talk A. Meilland)**

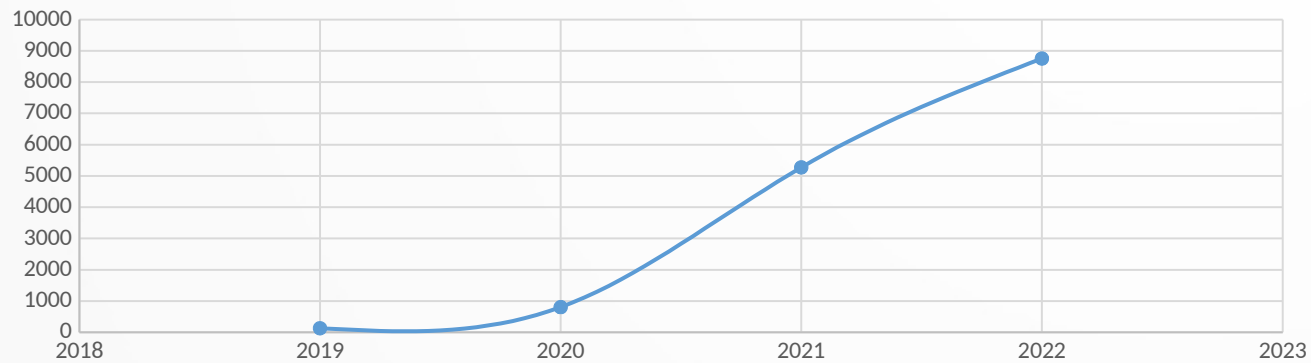


<https://oimodeler.readthedocs.io/en/latest/>

**Merci**

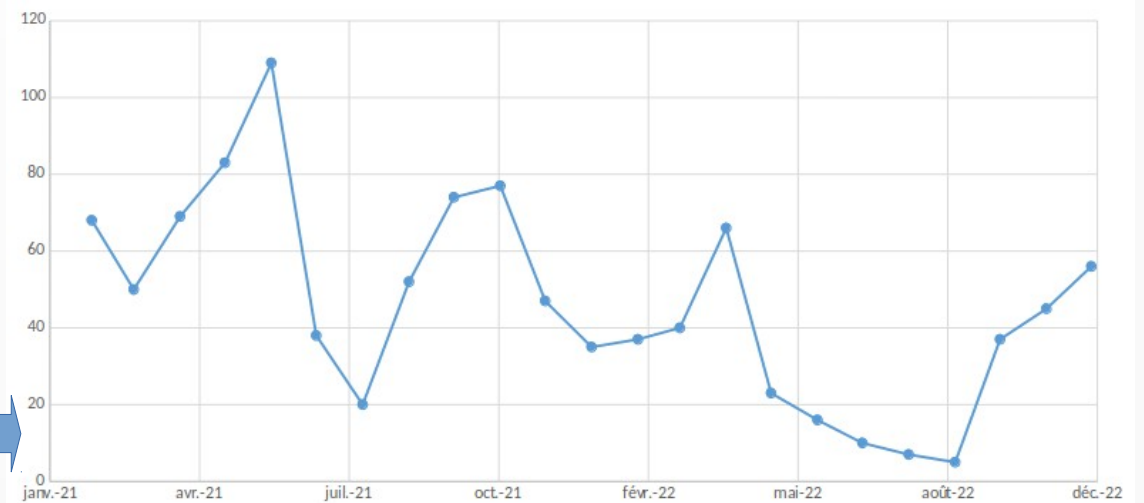
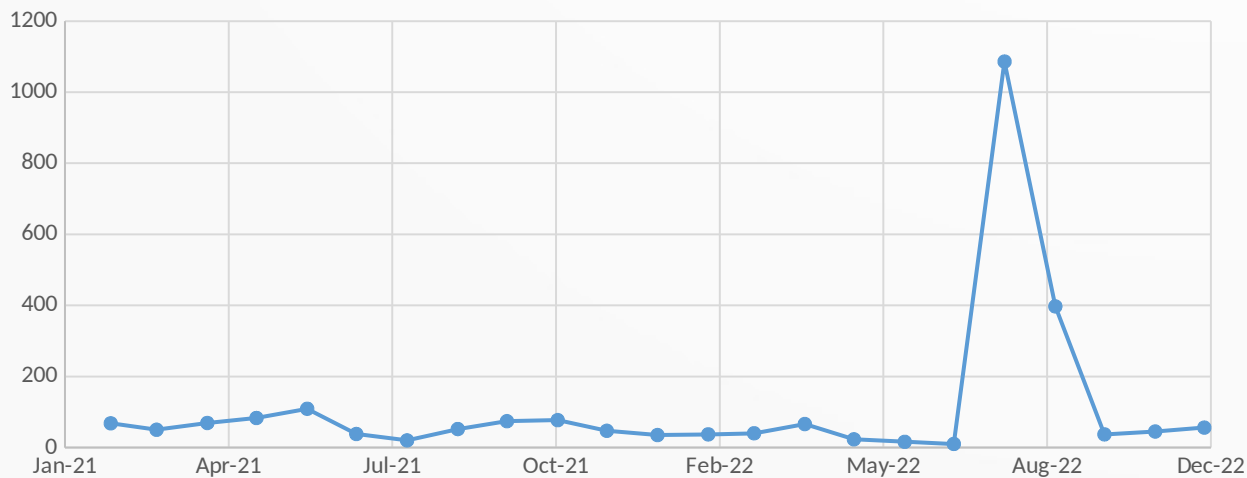
# Statistiques d'utilisation de AMHRA

Nombre de visites par an



Merci Guillaume Verbiese !

Statistique mensuelle 2022



# Citations AMHRA

## **Articles à comité de lecture :**

Hofmann et al. 2022, A&A

Domiciano de Souza et al. 2021, A&A

de Almeida et al. 2020, A&A

## **Citation de AMHRA dans le texte comme service utile pour le projet :**

Mourard et al. 2022, SPIE

